



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

PROBLEMATIKA ZÁPUSTKOVÉHO KOVÁNÍ

ISSUES OF DROP FORGING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Marek Břečka

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Kamil Podaný, Ph.D.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Marek Břečka**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Kamil Podaný, Ph.D.**
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Problematika zápusťkového kování

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o zpracování literární studie technologie zápusťkového kování na lisech a bucharech. Řešení bude obsahovat základní rozdělení metody, princip, výhody a nevýhody.

Cíle bakalářské práce:

- provést průzkum v oblasti zápusťkového kování
- popsat princip a rozdělení metody
- zhodnotit využitelnost a problémy

Seznam doporučené literatury:

PETRUŽELKA, Jiří a Richard BŘEZINA. Úvod do tváření I [online]. Ostrava, 2001 [cit. 2012-03-04]. Dostupné z: http://www.345.vsb.cz/jiripetruzelka/Texty/Uvod_TV1.pdf

HAŠEK, Vladimír. Kování. 1. vyd. Praha: SNTL, 1980. 730 s. TISK. ISBN 04-233-65.

PRIMUS, František. Teorie objemového tváření. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1990. s. 250.

HÝSEK, Rudolf. Tvářecí stroje 1971. 1. vydání. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1972.

LIDMILA, Zdeněk. Teorie a technologie tváření. Brno: RVO VA, 1994. 214 s.

SCHULER GMBH. Handbuch der Umformtechnik. Berlin Heidelberg: Springer, 1996, 565 s. ISBN 35-406-1099-5.

KOPECKÝ, Miloslav a Bedřich RUDOLF. Tvářecí stroje: Mechanické a hydraulické lisy. Vyd. 1. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, n. p., 1967. 328 s.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

BŘEČKA Marek: Problematika zápustkového kování.

Práce se zabývá problematikou zápustkového kování, což je metoda výroby, která se využívá hlavně ve velkosériové výrobě. Při návrhu výkovku se vychází z výkresové dokumentace. Zhodnotí se účelnost součásti, poté se předepíší potřebné přídavky a dojde k volbě stroje. V současnosti se používají buchary, lisy a vodorovné kovací stroje. Buchary pracují rázem a pohyb beranu končí dopadem na šabotu. Součást je většinou zhotovena na několik úderů. Jsou vhodné pro výrobu tvarově a výškově různorodých a členitých výkovků s žebry a výstupky. Lis je stroj pracující převážně tlakem pracovní části. Rychlost beranu je relativně malá, působení na materiál je klidné a bez rázů. Největší uplatnění nachází pro zápustkové výkovky, které potřebují na tváření velké síly. Používají se především při výrobě nízkých a méně členitých součástí. Vodorovné kovací stroje jsou v podstatě ležaté dvojčinné lisy, určené pro kování výkovků různého tvaru z tyčového materiálu.

Klíčová slova: kování, zápustkové kování, tváření, kovací stroj

ABSTRACT

BŘEČKA Marek: Issues of drop forging.

The thesis deals with problems of die forging which is a production method that is mainly used in large-scale production. Design of forgings is based on drawing documentation. It evaluates the usefulness of the component, then the required additions are specified and the machine is selected. At present hammers presses and horizontal forging machines are used. Hammers work with hit energy. The movement of the tool ends with an anvil. The component is mostly made for several strokes. Hammers are appropriate for the production of shaped and height-versatile and rugged forgings with ribs and protrusions. Press is a machine that works with pressure. The speed of the ram is relatively small, the effect on the material is quiet and without impact. The biggest application is for die forgings which needs a great force to form. They are used primarily for the production of low and less rigid components. Horizontal forging machines are essentially double-acting presses designed for making forgings of various shapes made of rod material.

Keywords: forging, drop forging, forming, forging machine

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BŘEČKA, Marek. *Problematika zápusťkového kování*. Brno, 2017. 32s, CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce Ing. Kamil Podaný, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V dne 26. 5. 2017

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Kamilu Podanému, Ph.D. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat rodině a přítelkyni za jejich podporu po dobu mého studia.

OBSAH

Zadání
Abstrakt
Bibliografická citace
Čestné prohlášení
Poděkování
Obsah

	Str.
ÚVOD	9
1 ZÁPUSTKOVÉ KOVÁNÍ	10
1.1 Kovací teploty	11
1.1.1 Ohřev	12
1.2 Návrh výkovku	13
1.3 Nástroje	15
1.4 Maziva	16
2 STROJE	17
2.1 Buchary	17
2.1.1 Protiběžné	18
2.1.2 Padací	19
2.1.3 Dvojčinné	19
2.1.4 Vysokorychlostní.....	20
2.2 Lisy	21
2.2.1 Svislé	21
2.2.2 Vřetenové	22
2.2.3 Hydraulické	24
2.3 Vodorovné kovací stroje	26
3 ZÁVĚRY	29
Seznam použitých zdrojů	
Seznam obrázků	

ÚVOD [1], [5], [9], [18], [22], [32], [33]

Kování je proces objemového tváření kovů, který probíhá nejčastěji za kovací teploty, jehož výsledkem je předkovek nebo výkovek určitého tvaru a určitých rozměrů. Takto vzniklý tvar je získán podrobením výchozího materiálu plastické deformaci účinkem tlakových přetvárných sil. Podle použitých nástrojů se kování dělí do dvou skupin na kování volné a zápustkové.

Při volném kování je polotovar ohřátý na kovací teplotu postupně přeměňován na výkovek. Při tomto procesu se používají plochá a zalomená kovádla nebo jednoduché kovářské nástroje. Kování se rozděluje na ruční, u kterého je celý postup zdoluhavý a nákladný, neboť se materiál na kovádlině musí posouvat a otáčet a během procesu je potřeba vyměňovat pomocné nástroje, a strojní, kde se používají buďto buchary nebo hydraulické lis. Volné kování se používá pro zhotovení velkých součástí, pro kusovou výrobu menších částí, u nichž se nevyplatí zhotovení drahé zápustky a pro přípravné a dokončovací operace zápustkových výkovků. U volného kování se může hmotnost konečného výrobku pohybovat od několika desítek gramů po stovky tun.

Pro sériovou výrobu malých a středních součástí se používá kování v přesných zápustkách, které umožňují levnou výrobu výkovků složitého tvaru s poměrně přesnými rozměrovými tolerancemi, u nichž se předepíší malé přídavky na opracování. Tímto způsobem se zhotovují výkovky s hmotností až několik desítek kilogramů. Příklady výkovků, které byly zhotoveny metodou zápustkového kování, jsou na obrázku 1.



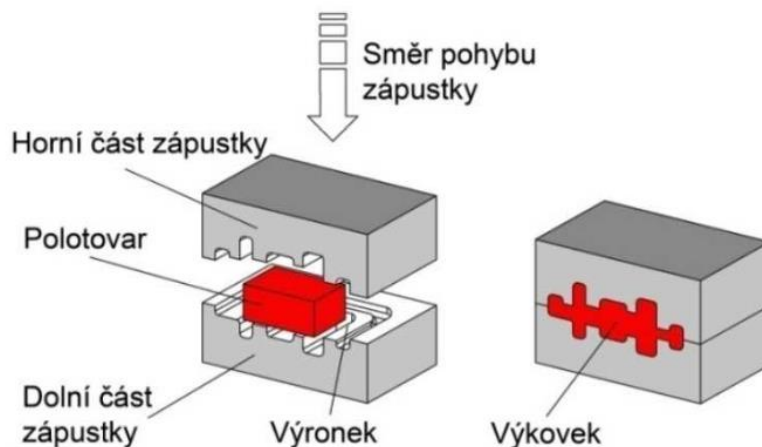
Obr. 1 Příklady výkovků zhotovených technologií zápustkového kování [22]

1 ZÁPUSTKOVÉ KOVÁNÍ [4], [9], [13], [16], [25], [24]

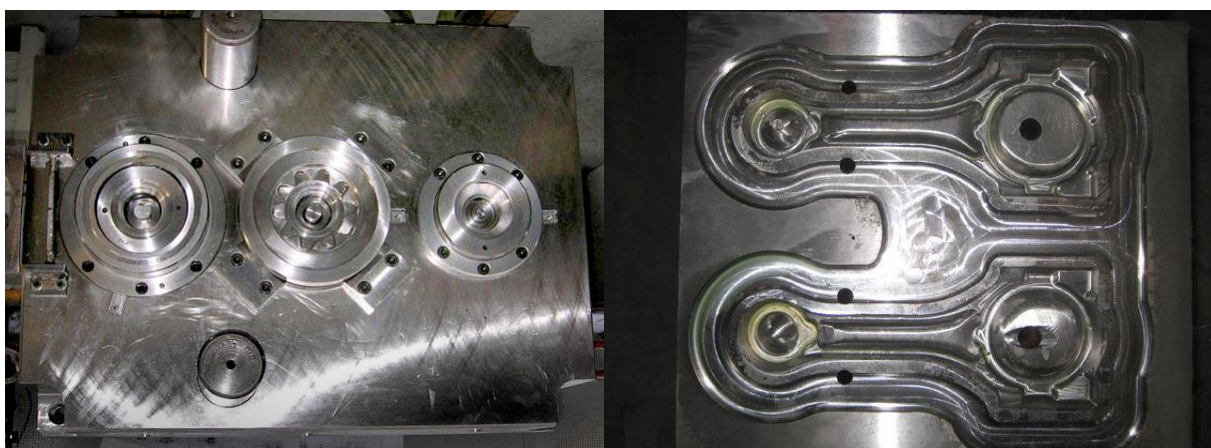
Jedná se o metodu, při níž je polotovar, kterým je nejčastěji špalík ustřižený z tyče, tvářen v dutině zápustky a nabývá tak její tvar. Zápustky bývají zpravidla složeny ze dvou částí (horní a dolní polovina, obr. 2). Plocha, v níž se obě poloviny stýkají, se nazývá dělicí. V každém díle zápustky je vytvořena část dutiny tak, aby po rozevření obou těchto dílů bylo možné zhotovený výkovek vyjmout.

Pro jednoduché rotační tvary se v některých případech používá kování bez použití výronku, tzv. bezvýronkové kování, které bývá také nazýváno kování v uzavřené zápustce. Při použití tohoto způsobu je nutné zajištění podmínky objemově přesného

polotovaru. To je však drahé a v provozních podmínkách téměř nemožné. Z tohoto důvodu se v dělicí rovině zhotovuje drážka pro přebytečný kov, která se nachází kolem celého tvaru dutiny, jak je možné vidět na obrázku 3. Tato drážka se nazývá výronková. Skládá se z můstku, což je část navazující na zápustkovou dutinu, a zásobníku. Můstek je konstruován tak, aby v něm byl vyšší deformační odpor proti toku materiálu, který v poslední fázi kování vytéká ze zápustkové dutiny. Tím se v materiálu vytváří příznivý stav tlakové, prostorové napjatosti, který zajišťuje dokonalé vyplnění dutiny. Výronek současně slouží k vyrovnávání objemových rozdílů výchozích polotovarů a rozdílů vzniklých opotřebováním zápustky.



Obr. 2 Dvojdílná zápustka [25]



Obr. 3 Příklad zápustek [24]

Zhotovení výkovku z výchozího polotovaru přímo v jedné dutině zápustky je možné pouze u jednoduchých tvarů výkovku. Ve většině případů je nezbytné, nebo ekonomicky výhodné vytvářet konečný tvar výkovku postupně. Tvar konečného výkovku tedy vzniká postupně ve více tvářecích operacích, při využití mezitvarů - předkovků. Předkovací operace je důležitá v technologickém postupu také proto, aby se z povrchu ohřátého polotovaru odstranily okuje a nebyly pak v kovací dutině zatlačeny do povrchu výkovku. Předkovky se zhotovují zejména

v předkovacích zápusťkových dutinách, které jsou umístěny ve stejné nebo vedlejší (předkovací) dutině, na jiném tvářecím stroji, nejčastěji válcováním, a u velkých zápusťkových výkovků i volným kovááním.

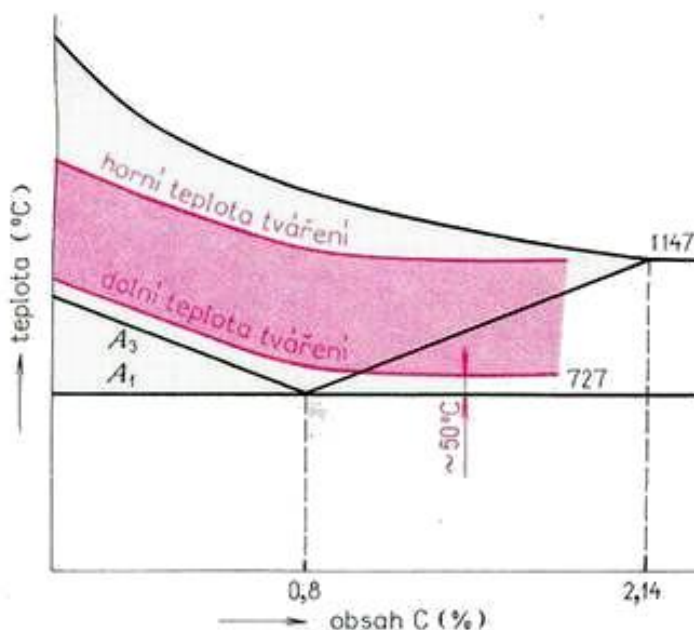
Tab. 1 Dosažitelná přesnost zápusťkových výkovků [16]

Technologie	Přesnost	
	běžně	výjimečně
Zápusťkové kováání	IT16 až IT12	IT9
Kalibrování	IT11 až IT9	IT7
Přesné kováání	IT11 až IT8	IT6

1.1 Kovací teploty [2], [16], [20], [23]

Pro správnou tvárnost materiálu je základním předpokladem dodržení určité kovací teploty, respektive předepsaného teplotního intervalu. Například pro uhlíkové oceli je tento interval zobrazen na obrázku 4. S rostoucí hodnotou klesá deformační odpor a s ním i opotřebení nástrojů. Kování se provádí zpravidla při nejvyšších přípustných hodnotách, neboť se při nich materiál nejsnadněji tváří. Díky tomu jsou kovací časy kratší. Je proto možno vyrobit větší počet výkovků z jedné zápusťky.

Horní hranice u uhlíkových ocelí je vymezena teplotou tavení, spodní hranice je vymezena přeměnou fáze γ v α . Kdežto vysokolegované oceli mohou být kovány pouze v určitém poměrně úzkém intervalu, neboť při vysoké kovací teplotě jsou příliš hrubozrnné a při nízké kovací teplotě dochází k trhlinám. V těchto případech je nutno kovaný materiál mnohdy několikrát přehřívat a kovat v několika ohřevech, což zpravidla bývá u větších výkovků.

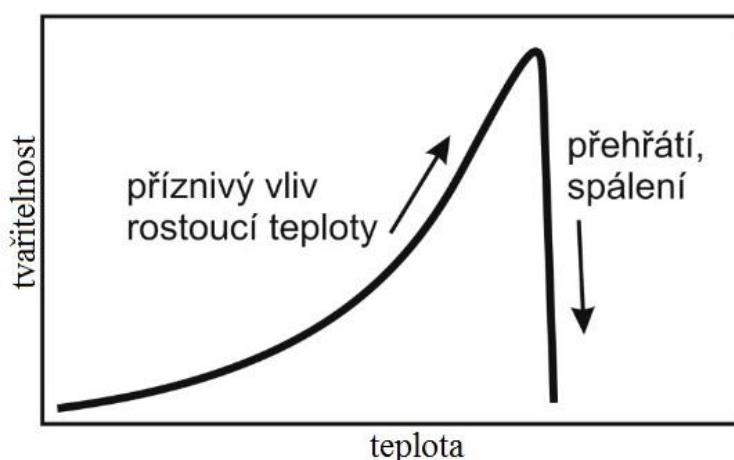


Obr. 4 Kovací teploty uhlíkových ocelí [20]

Pro kováání v zápusťkách leží hodnoty většinou výše než pro kováání volné. Kontrola správných kovacích teplot je jedna z podmínek správného tváření. Zejména pak v případech, kdy se volí intervaly záměrně co nejvyšší. Delší časová prodleva na vysokých teplotách může zapříčinit zhrubnutí zrna. Pokud je dostatečně velký stupeň deformace, pak se zhrublé zrna zjemní během tváření. Jestliže tomu tak není, zůstává zrna hrubá vlivem přehřátí a k jeho zjemnění musí po kováání následovat další tepelné operace. Proto mají být kovací teploty přizpůsobeny stupni deformace, a to zejména teploty konečné, při kterých už nedochází k velkému přetvoření. Tuto podmínku je nutné dodržet obzvlášť v případě, kdy není výkovek podroben žádnému dalšímu tepelnému zpracování. Pokud má výkovek složitější tvar a musí se kovat při vysokých teplotách, je nutné odstranit hrubé zrna následujícím tepelným zpracováním – normalizací. Stejný případ nastává, kove-li se v delších časových intervalech,

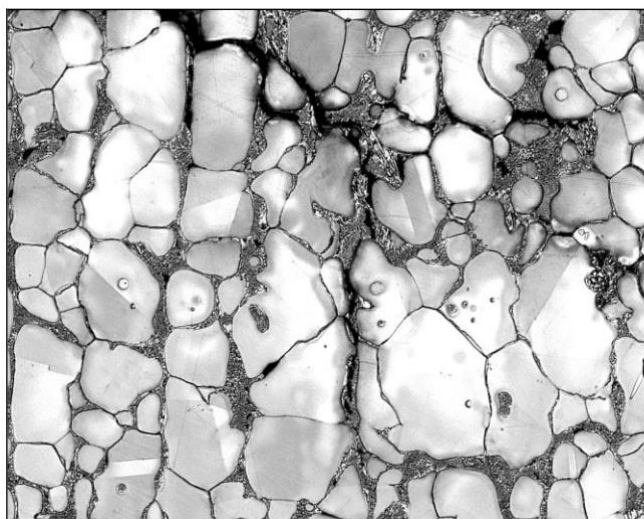
a tím při různých teplotách, čímž vzniká nestejněměrná struktura, a tím také nestejněměrné mechanické vlastnosti.

Materiál ovšem nelze zahřívat libovolně. Po překročení optimálních teplot dochází k velmi prudkému poklesu tvařitelnosti vlivem dvou možných jevů, viz obr. 5. Přehřátí oceli znamená abnormální zhrubnutí zrna, které lze velmi obtížně napravit opatrným tvářením za tepla, při němž se opakovanou rekrytalizací postupně zjemňuje. Přehřátý materiál je náchylný k interkrytalickému lomu.

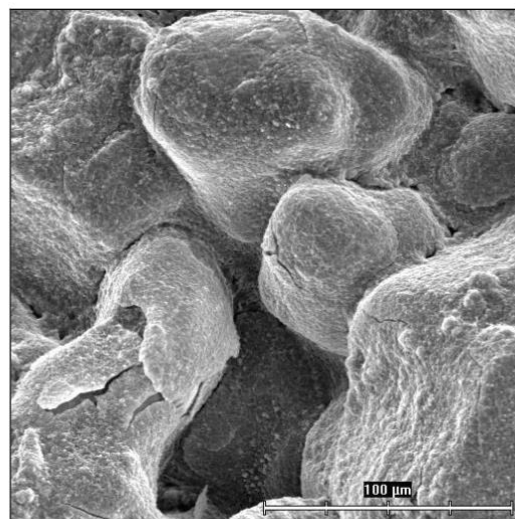


Obr. 5 Vliv teploty na tvařitelnost materiálů [23]

Další zvýšení teploty ohřevu může vést až ke spálení oceli, kdy dojde k natavení hranic zrn a při jakémkoliv pokusu o plastickou deformaci k rozdrobení materiálu. Takováto ocel má nulovou plasticitu a proto může být pouze přetavena. Hranice zrn jsou při vysokých teplotách náchylnější k natavení než okolní matrice, protože se na ně mohou navázat různé prvky, vměstky a eutektika s nízkou teplotou tání. Na obr. 6 je uveden příklad spálené struktury ledeburitické nástrojové oceli X155CrVMo12.1 se zrný potaženými dříve natavenou vrstvou nečistot a interkrytalickými trhlinami.



metalografický výbrus



skenovací elektronový mikroskop

Obr. 6 Spálená struktura ledeburitické nástrojové oceli X155CrVMo12.1 [23]

1.1.1 Ohřev [2], [4], [13], [16], [21]

Při ohřevu materiálu dochází k propalu (tzn. ke slučování přebytečného kyslíku s železem) a při teplotách nad 900°C dochází také k oduhličování. Tyto nepříznivé důsledky ohřevu lze potlačit zkrácením doby ohřevu, snížením přebytku vzduchu v hořácích a ochrannými atmosférami. K ohřevu polotovarů se nejčastěji používají pece, které se dělí na pece plynové a elektrické, ty se dále dělí na indukční a odporové. Velikost těchto pecí a jejich konstrukční uspořádání závisí na materiálu ohřívajícího polotovaru, jeho objemu a ploše. Dále pak závisí také na požadované teplotě a kapacitě.

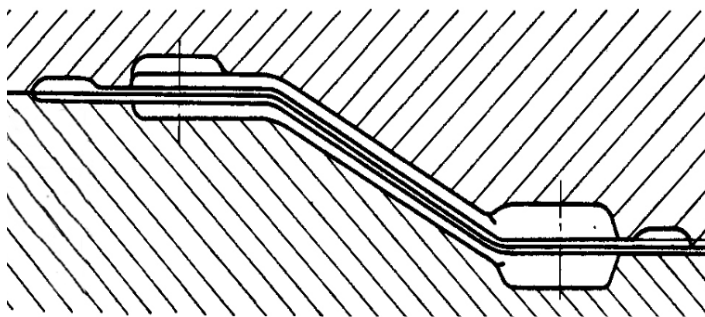
V plynových pecích dochází ke spalování směsi plynů, což je možné vidět na obrázku 7, přičemž vzniká teplo, které je dále předáváno polotovaru. Směs plynů je přiváděna pomocí jednoho či více hořáků do spalovací komory. Jedná se o směs plynu a předehřátého vzduchu přibližně na teplotu 300°C. U elektrických indukčních pecí vzniká teplo účinkem vířivých proudů přímo v ohřívaném předmětu na základě jeho ohmického odporu. Polotovaz je umístěn v cívce, která je připojena na zdroj střídavého proudu určité frekvence. Tyto indukované proudy nepronikají ohřívaným materiálem stejnoměrně. Intenzita proudu slábne směrem ke středu materiálu. V elektrických odporových pecích vzniká teplo procházejícím proudem v ohřívaném předmětu na základě ohmického odporu. Teplota v celém průřezu je prakticky stejnoměrná a ohřev je velmi rychlý.



Obr. 7 Vozová plynová pec [21]

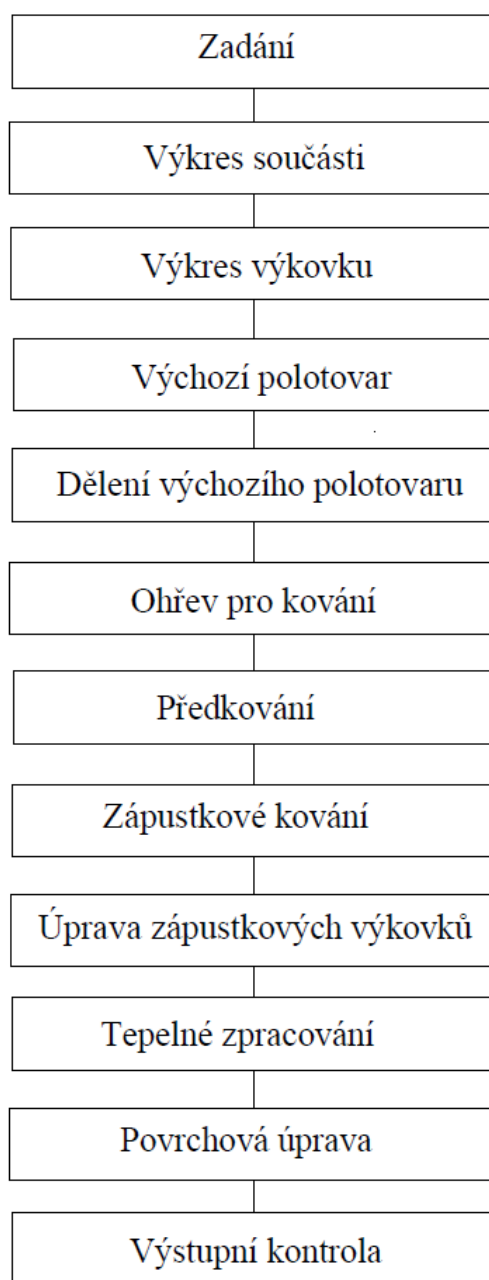
1.2 Návrh výkovku [4], [13], [18]

Při návrhu tvaru výkovku se vždy vychází z výkresové dokumentace součásti. Nejprve je nutné provést technologické a ekonomické zhodnocení účelnosti kování, při kterém se řeší, jak lze součástku nejefektivněji kovat. Někdy je vhodné součást rozdělit na více částí a poté svařit, spojit více výkovků, nebo zjednodušit tvar součásti. Podle tvarové složitosti je nutné zvolit vhodnou dělicí rovinu, která je buďto přímá, nebo i lomená (obr. 8). Tvar výkovku musí být navržen tak, aby byl snadno technologicky vyrobitelný a to s ohledem na funkční a výrobní požadavky. Je nutné předepsat přídavky na obrábění, neboť při ohřevu dochází ke vzniku okují a k oduhličení. Zajišťují, aby bylo možné odstranit oduhličenou a znehodnocenou vrstvu vzniklou při procesu kování. Dále se pak předepisují také přídavky technologické z hlediska vyrobitelnosti. Do této skupiny spadají úkosity, zaoblení hran, přechody výkovku atd. Výkres výkovku musí obsahovat všechny nezbytné rozměry, které jsou potřeba pro konstrukci vlastní dutiny zápusťky. Pro usnadnění vyjmutí výkovku z dutiny je možné vytvořit vnější úkosity. Dále se stanoví stupeň přesnosti pro kování podle příslušné normy. Je nutné předepsat rozměrové a tvarové úchytky výkovku, neboť se při kování mění rozměry výkovky i zápusťky v důsledku tepelné roztažnosti materiálu. Teplota výkovku se během kování snižuje, až se úplně vyrovná s okolím, přičemž se rozměry zmenší o hodnotu smrštění, která závisí také na druhu materiálu a tvaru součásti. Velmi důležitým krokem při návrhu výkovku je volba stroje, neboť rozhoduje o toku materiálu, tvářecí síle, spotřebě energie, přesnosti výkovku a v neposlední řadě také o výkonnosti a produktivitě. Faktory ovlivňující volbu stroje jsou materiál výkovku, objem, tvar a členitost součásti, závislost přetvárného odporu a tvařitelnosti na rychlosti deformace (závisí na rychlosti beranu a tvaru polotovaru).



Obr. 8 Lomená dělicí rovina [18]

Obecný postup technologie zápustkového kování na bucharu je znázorněn na obrázku 9.



Obr. 9 Obecný návrh [2]

Z výkresu součásti se zjistí materiál, tvar součásti, počet kusů, rozměry a tolerance. To se pak přenesení na výkres výkovku, kde se určí také potřebné přídavky. Poté se stanoví rozměry a způsob dělení materiálu. Pro připravený polotovar se předepíše kovací teploty, doba a typ ohřevu. Způsob předkování se liší podle použitého stroje pro samotné zápustkové kování. Jestliže jsou použity buchary, pak se předkovává v postupové zápustce, kdežto u lisů se využívá například kovacích válců. Při úpravě výkovku se ostříhne výronek a blána, popřípadě dojde ke kalibrování a rovnání. U tepelného zpracování může nastat žíhání na měkko, nebo normalizační či izotermické, nebo také zušlechťování. Nakonec dojde k otryskání výkovku a ke kontrole.

1.3 Nástroje [4], [16], [18], [25]

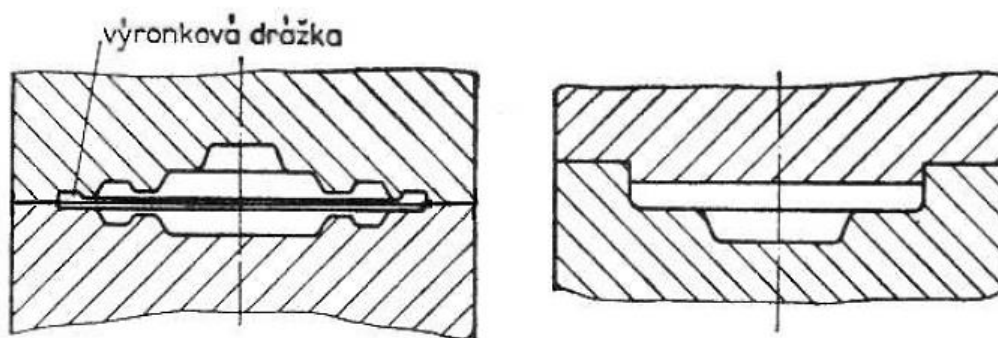
Nástroj, který se používá pro kování přesnějších tvarových výkovků, se nazývá zápustka. Skládá se většinou ze dvou částí – horní a dolní díl, v nichž jsou dutiny pro výkovky. Horní díl je připevněn k beranu tvářecího stroje, dolní díl je upevněn na stole stroje.

Pro snadnější vyjmutí výkovku ze zápustky slouží úkosy na svislých stěnách dutiny. Menší úhly úkosu se volí pro výrobky, které jsou z nástroje odstraňované nuceně vyhazovači a při postupovém kování u dokončovacích zápustek. U nástrojů, v nichž se tváří hliníkové slitiny lze volit úkosy s polovičním úhlem než pro stejné součásti z oceli.

Při výrobě se dbá na zaoblení hran a rohů, čímž se usnadňuje přemísťování kovu v dutině při kování, snižuje se zmetkovitost, usnadňuje se odstraňování výkovku a zmenšuje se nebezpečí praskání nástrojů v rozích. Zaoblením hran a rohů se však zvyšuje objem materiálu a tím i odpad při následném obrábění a s tím spojené náklady.

Zápustky se dělí podle různých hledisek:

- podle kovacího stroje:
 - pro buchary (pro ploché výkovky menší hmotnosti)
 - pro lisy (i pro výkovky větších hmotností a větších průřezů)
 - pro vodorovné kovací stroje (pro výkovky pěchované z válcovaných, tažených a loupaných polotovarů)
- podle dutiny (obr. 10):
 - s otevřenou dutinou (s výronkovou drážkou pro přebytečný materiál)
 - s uzavřenou dutinou (nemají výronkovou drážku – pro přesné kování)
- podle počtu dutin:
 - jednorázové (jednodutinové)
 - postupové (vícedutinové, obr. 11)
 - násobné (pro více výkovků současně)
- podle operace:
 - předkovací (pro kování složitějších výkovků ve více krocích), tvarovací, pěchovací, rozdělovací, ohýbací, prodlužovací
 - dokončovací
 - kalibrovací (pro přesnější výkovky po odstranění výronku)
 - ostříhovací (pro odstranění výronku prostřížením blány otvoru)

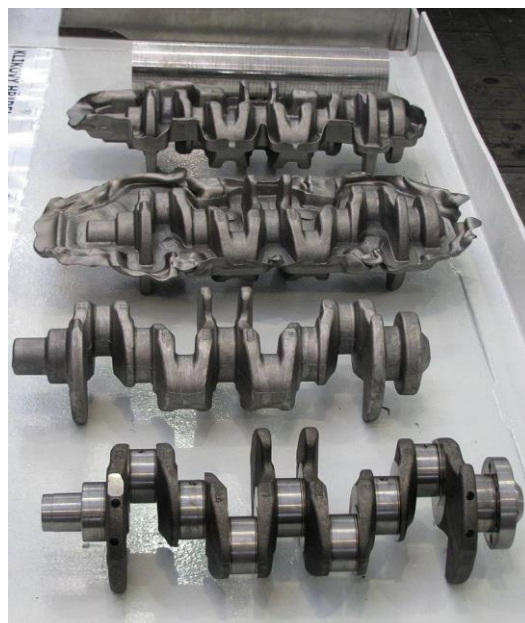


Obr. 10 Otevřená (vlevo) a uzavřená (vpravo) zápustka [18]

Většina výkovků u zápustkového kování se provádí v otevřených vícedutinových zápustkách.

Kování v několikadutinové (postupové) zápustce umožňuje vyrobít výkovek na jednom stroji postupně v několika operacích, viz obrázek 11. Výchozí materiál se zde postupně tvaruje v několika různých dutinách. Předkovacími dutinami se rozmisťuje kov tak, aby bylo možné výkovek dokončit v poslední (dokončovací) dutině, která je opatřena drážkou pro výronek.

Přesné kování se provádí v uzavřených zápustkách, které nejsou opatřeny výronkovou drážkou. Celý objem polotovaru se spotřebuje na vyplnění dutiny zápustky. U tohoto způsobu kování je nutné dbát na přesné dodržení objemu materiálu polotovaru, čisté povrchy i plochy po dělení a pečlivé založení a ustředění polotovaru v zápustce. Z hlediska tvaru a složitosti jsou pro přesné kování vhodné rotační součásti, nebo součásti podobného tvaru.



Obr. 11 Kliková hřídel kovaná ve vícedutinové zápustce [25]

Dále se dá přesnost výkovků zvýšit zařazením operace (objemového) kalibrování v uzavřené zápustce za tepla i za studena po odštížení výronku. Další operací může být rovnání (rovinné kalibrování), například mezi deskami příslušného tvaru. Tyto operace se většinou provádějí na lisech.

1.4 Maziva [4], [13]

Při tváření se ke snižování tření a zlepšení toku materiálu používají maziva. U kování za tepla musí být při volbě brány v úvahu fyzikální vlastnosti, podle kterých se posuzuje kvalita maziva, ale také chladicí vliv zápustky (přestup tepla mezi materiálem a nástrojem). Dále pak třecí faktor, který nemusí být aplikovatelný pro různé kovací podmínky. Například údaje o tření získané pro určité mazivo při kování na hydraulickém lise nejsou aplikovatelné pro kování na bucharu, nebo mechanickém lise, i když výchozí teplota materiálu i zápustek bude obdobná. Tento fakt ovlivňuje hlavně různá doba kontaktu a relativní rychlost třecích ploch.

Maziva by obecně měla splňovat následující charakteristiky:

- snižovat kluzné tření v kontaktu a tím snižovat celkovou kovací sílu
- zlepšovat tok materiálu v dutině a přispívat tak k zaplnění zápustky
- působit proti lokálnímu navařování a poškození obou povrchů
- být nekorozivní a neabrazivní
- neobsahovat zbytky, které by se mohly shromažďovat v hlubokých dutinách
- nevylučovat nepříjemné a jedovaté složky a kouř.

Maziva lze dělit na:

- tuhá maziva (nejčastěji se jedná o grafit dispergovaný ve vodě, nebo v oleji)
- kapalná maziva (minerální, organické a emulgační oleje a syntetické látky)
- konzistentní maziva (plastická mýdla a mazací tuky)
- piliny (používají se hlavně na bucharách, protože plyny pomáhají uvolňovat výkovek)
- soli (kuchyňská sůl, soda, ledek a speciální soli)
- sklo ve formě folie, prášku nebo skelné vaty (dobré mazací účinky, chrání proti oxidaci, ale tuhne v dutině zápustky a špatně se odstraňuje).

2 STROJE [2], [4]

Charakter zápusťkového kování a konstrukce zápusťek závisí do značné míry na použitém kovací zařízení, podle tohoto kritéria se rozlišuje zápusťkové kování na:

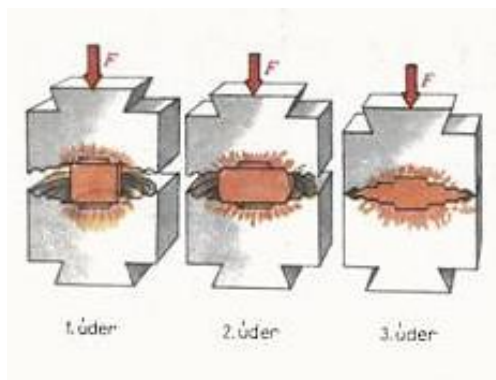
- bucharech
- kovacích lisech
- vodorovných kovacích strojích

Přetvárná tlaková síla může mít buď dynamický, nebo statický charakter. Dynamický charakter získává při úderu beranu bucharu, kdežto statický charakter získává tlakem beranu hydraulického nebo mechanického lisu. U bucharů vznikne největší tlaková síla krátce po dopadu beranu a poté postupně klesá na nulovou hodnotu, kdežto u kovacích lisů roste z počáteční nulové hodnoty v okamžiku dotyku tvářecího nástroje a dosáhne maximální hodnotu na konci pracovního zdvihu. Hodnoty přetvárných odporů jsou v prvním a v druhém případě odlišné v důsledku rozdílných deformačních rychlostí.

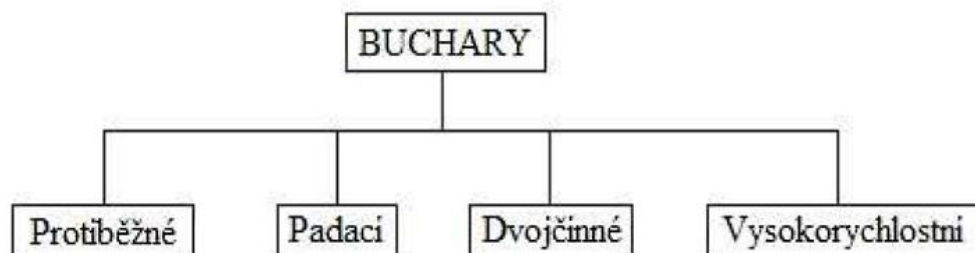
2.1 Buchary [4], [9], [13], [20]

Buchary pracují rázem a pohyb beranu bucharu končí dopadem na šabotu. Při tomto rázu se téměř všechna potenciální energie, která je naakumulována v beranu, přemění v deformační práci. Výkovek je většinou zhotovován v dutině nástroje postupně, na několik úderů (obr. 12). Zápusťková dutina je zcela zaplněna kovem a výrobek je dokován v momentě, kdy obě poloviny zápusťky dosednou na sebe. Díky dobré stoupavosti materiálu jsou vhodné pro výrobu tvarově a výškově různorodých a členitých výkovků.

Z principu bucharů vyplývají specifika technologického postupu a konstrukce zápusťek. Z tohoto důvodu mají obě poloviny zápusťky vytvořeny dosedací plochy. Při postupném zaplňování dutiny při kování na bucharu mají vliv i setrvačné síly. To se odráží ve velmi dobrém zatékání kovu zejména do horní poloviny zápusťky. Jsou-li na výkovku vysoké výstupky a tenká žebra, pak je díky tomuto faktu výhodné umisťovat je do horní poloviny. Jelikož při kování na bucharech dochází k velkým rázům, jsou nástroje zhotovovány kompaktní jako velké zápusťkové bloky. Předkovává-li se tvar přímo v bucharu, jsou všechny dutiny umístěny právě v tomto jednom nástroji. Dokovací dutina, na jejíž vyplnění je potřeba největší energie, je vždy v ose bucharu. Upínání zápusťek na beran a šabotu je řešeno pomocí rybinových drážek a samosvorných klínů. Na obrázku 13 je zobrazeno základní dělení.



Obr. 12 Kování ve více úderech [20]



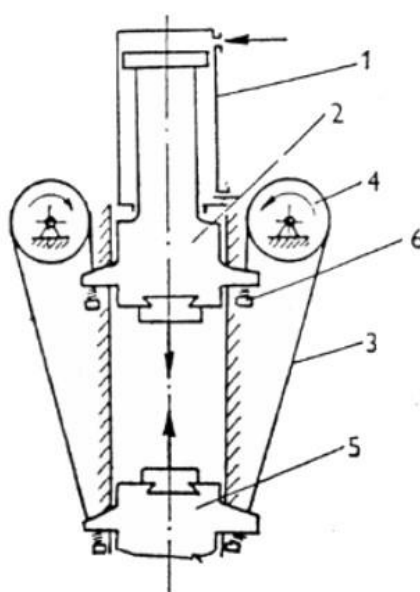
Obr. 13 Základní dělení bucharů

2.1.1 Protiběžné [4], [5], [7], [18]

Na větší výkovky od energie úderu 98 kJ je výhodné použít protiúderový buchar (obr. 14), který je bez šaboty. Ta je u tohoto typu bucharu nahrazena spodním beranem, pohybujícím se současně proti hornímu beranu, díky čemuž se dosahuje optimální rychlosti přesně v okamžiku tváření. Vzájemný pohyb beranů téměř vyrovnává sílu nárazu, a tak jsou do základu stroje přenášeny relativně malé síly. Díky tomu mohou být základy menší než u klasických bucharů. Dolní beran bývá o 5 až 15% těžší a vrací při uzavření přívodu páry horní vzhůru.



Obr. 14 Největší protiběžný buchar [11]



- 1 – pracovní válec
- 2 – horní beran
- 3 – pás
- 4 – kladka
- 5 – spodní beran
- 6 – tlumič

Obr. 15 Schéma protiběžného bucharu [4]

Přínosem principu protiběžných bucharů jsou vysoké tvářecí rychlosti a vysoké tvářecí energie, které zaručují vysokou přesnost při výrobě velkých a komplexních kovaných dílů. Dalšími výhodami jsou dobrá dostupnost a nízké nároky na údržbu. Pohyb beranů bývá někdy spojen jednostranným nebo dvoustranným pákovým převodem nebo také hydraulicky. Velké buchary kolem 980 kJ mívají samostatný pohon pro horní i dolní beran, které pak nejsou spolu mechanicky spojeny. Celý stroj je tedy složený ze dvou proti sobě působících dvojčinných bucharů. Rozvod vyžaduje pečlivé řešení a seřízení, aby rychlost obou strojů byla stejná. Princip protiúderového bucharu spočívá ve střídavém vpouštění páry šoupátkovým rozvodem do pracovního válce pod píst a nad píst odlitý z jednoho kusu s horním beranem. Pásky jsou vedeny přes kladky, které jsou otočně uloženy ve stojanu a zvedají tak dolní beran proti pohybujícímu se hornímu beranu. Rázy v pásech jsou tlumeny pomocí sady gumových kroužků.

Podle způsobu pohybu spodního a horního beranu vůči sobě se dají rozlišit buchary se svázaným a nezávislým pohybem. Dále je lze dělit podle vazby vzájemného pohybu na parovzdušná, mechanická (obr. 15) a hydraulická.

Díky příznivé konstrukci s téměř stejnou hmotností obou beranů je síla úderu extrémně vysoká, což umožňuje ekonomickou výrobu velkých kovaných součástí s tenkými stěnami



Obr. 16 Příklad výkovku – kliková hřídel [7]

vyžadující velké tvářecí síly, jako například lopatky turbíny. Konstrukce také umožňuje použití velmi dlouhých a překrývajících se forem, což je výhodné zejména při výrobě dlouhých kovaných dílů, jako jsou přední osy nákladních automobilů a klikové hřídele (obr. 16).

2.1.2 Padací [3], [4], [8], [14]

Padací buchary jsou jednoduché tvářecí stroje, u kterých je beran zvednut do určité výšky a po uvolnění padá vlastní vahou na šabotu. Rychlost dopadu bývá kolem 6 m/s.

Řemenové buchary používají pro zvedání bucharu řemen. Řemenice, poháněná elektromotorem, unáší kladičkou přitlačovaný řemen a zvedne tak beran, který padá při povolení přitlačné kladky.

Prčkové padací buchary mají beran zvedaný prčkem, které je sevřeno mezi dvěma kladkami, které jsou poháněny řemeny od dvou elektromotorů. Kladky jsou k prčku přitlačovány pákovým mechanismem ovládaným beranem. Prčko je v horní poloze jištěné dvěma palci, které jsou uvolněné od spouštěcího pedálu nebo páky.

Stojany bucharů pro zápusťkové kování s pohonem beranu, který je umístěn na horním příčniku (obr. 17), bývají upevněny odpruženými šrouby přímo na šabotu. Pružiny, které jsou pod šrouby, umožňují nadskočení jednotlivých částí stojanu při tvrdém úderu. Přesnost vedení beranu vůči šabotě při poskočení je zachována pomocí svislého křížového vedení příčniku i šaboty vůči sloupům.



Obr. 17 Padací buchar [14]

2.1.3 Dvojčinné [3], [4], [8]

U dvojčinných bucharů je střídavě přiváděna pára nebo stlačený vzduch nad pracovní píst a pod něj. Píst spojený pístnicí s beranem se tak pohybuje střídavě nahoru a dolů ve válci, který je uchycen na stojan stroje. Toho je možné docílit pomocí automatického šoupátkového rozvodu. Píst beranu i šoupátko jsou ve střední poloze. Šoupátko má stejný směr pohybu jako beran a při svém pohybu nahoru uzavře výfuk horní strany pístu a poté otevře přívod páry směrem vzhůru.

Jednostojanové dvojčinné buchary (obr. 18) jsou používány pro kování středně velkých výkovků, kdežto dvoustojanové pro kování větších výkovků o maximálním rozměru 400-900 mm ve směru kování. Sloupky vůči šabotě a příčník vůči sloupům jsou vedeny dlouhým svislým křížovým vedením a jsou uchyceny pomocí šroubů, které jsou podloženy silnými pružinami. Ekonomické využití těchto bucharů je mezi 19,5 - 147 kJ energie úderu. Tato energie odpovídá velikosti kruhového výkovku o průměru od 180 – 450 mm. Počet úderů je zde vyšší, než je tomu u padacích bucharů a pohybuje se mezi 45 a 80 údery za minutu.



Obr. 18 Dvojčinný buchar [3]

2.1.4 Vysokorychlostní [8], [24]

Princip tváření vysokým rychlostmi je v tom, že nástroj na tvářený materiál dopadá s velkou kinetickou energií, která ovlivňuje deformační rychlost tvářeného materiálu. Jestliže se zvyšuje, roste i přetvárný odpor tvářeného materiálu. Toto je jev, který je z hlediska tvářecího procesu nežádoucí. Avšak rychlým přetvořením polotovaru vzniká též tzv. tepelný efekt. To znamená, že část energie dodané bucharem se přemění na teplo, které není z tvářeného materiálu dostatečně rychle odváděno do okolí a zvyšuje se tak teplota materiálu.

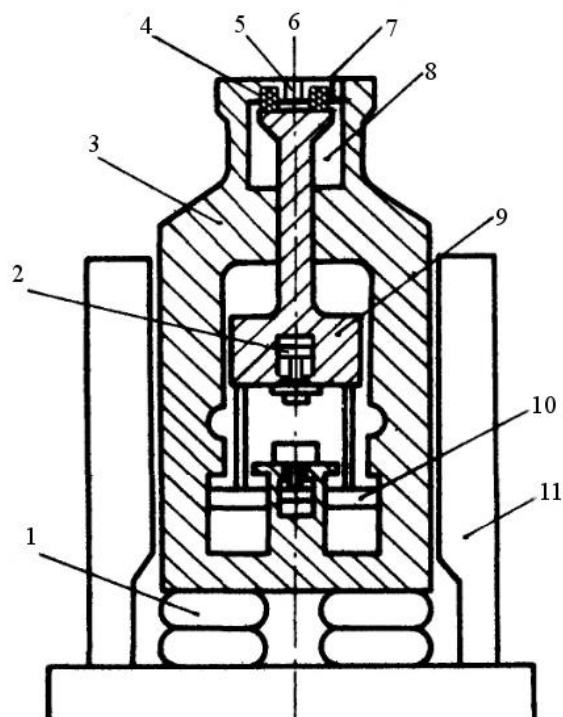
Tepelný efekt vyvažuje při určitých rychlostech negativní vliv přetvárného odporu, který stoupá kvůli zvyšujícím se rychlostem. Optimální hodnota, při které převládá kladný vliv tepelného efektu, je v rozmezí od 10 do 30 m/s. Jestliže je nižší, pak se tepelný jev výrazně neprojevuje. Naopak je-li vyšší, pak převládá negativní účinek přetvárného odporu.

Podle nositele energie lze v současnosti vyráběné vysokorychlostní buchary rozdělit do tří skupin. První skupinu tvoří stroje pracující se stlačeným dusíkem. Pro tento typ bucharů se používá uzavřený systém pracovního média. Druhou skupinu tvoří buchary, ve kterých je nositelem energie stlačený vzduch. Tyto stroje pracují s otevřeným systémem pracovního média. Třetí skupinu pak tvoří buchary pracující na principu výbušného motoru.

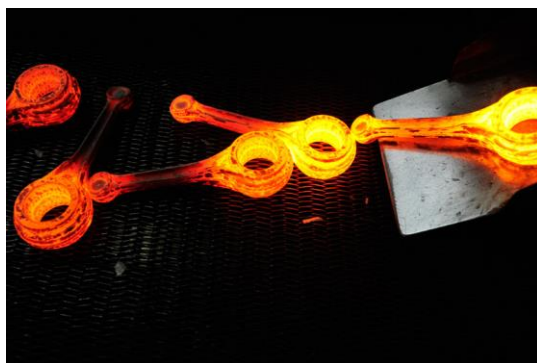
Na obrázku 19 je vidět princip vysokorychlostního bucharu s uzavřeným systémem pracovního média. Zdvih beranu (9) z dolní polohy do horní je proveden pomocí dvou hydromotorů (10). V okamžiku, kdy se horní plocha pístu (6) přitlačí na prstencové těsnění (4), které je upevněné na horní části válce (8), z prostoru mezi těsněním (4) je vypuštěný stlačený plyn otvorem (5). Beran se drží v horní poloze tlakem plynu, který působí na píst (6). Zvedací zařízení (10) se spustí do dolní polohy. Přes otvor (7) se do válce (8) doplňuje dusík. Objem válce (8) je 3-4x větší než objem, který uvolní píst při pracovním cyklu. Velikost zdvihu beranu je konstantní a energie rázu závisí na tlaku ve válci (8). Velikost tlaku se nastavuje regulátorem podle rozměrů výkovku. Beran (9) padá dolů a urychluje ho tlak plynu na píst (6). Působením plynu na čelo pístu (6) a na hlavu válce se posune rám stroje ve vodících lištách (11) proti beranu. Hotový výkovek je ze zápusťky odstraněn vyhazovačem (2).

Vysokorychlostní buchary se používají při kování těžko tváritelných materiálů s vysokým deformačním odporem. Do této skupiny lze zařadit například vysokouhlíkové a legované vysocepevné oceli, žárupevné a antikorozi oceli.

Na obrázku 20 je příklad výrobků, které byly zhotoveny na tomto typu stroje.



Obr. 19 Schéma vysokorychlostního bucharu [12]

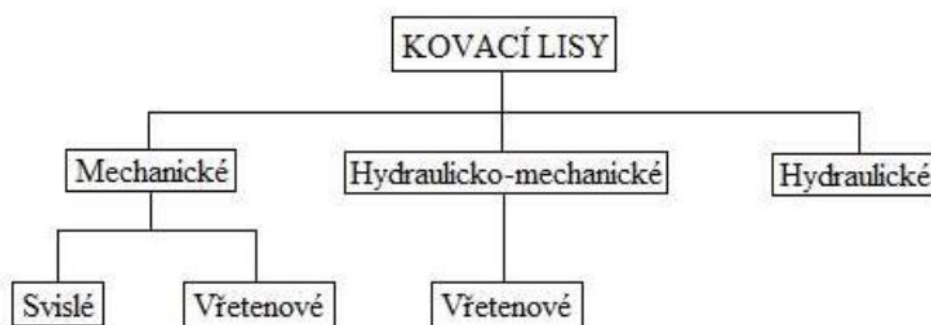


Obr. 20 Příklad výkovku – ojnice

2.2 Lisy [4],[9],[17]

Lis je tvářecí stroj pracující převážně tlakem pracovní části, která koná přímočarý vratný pohyb a je trvale spojena s hnacím ústrojím. Pohyb beranu je relativně pomalý, působení na materiál je klidné a bez rázů. Základní rozdělení lisů lze provést pomocí použitého pohonného mechanismu na lisy mechanické, hydraulické a hydraulicko-mechanické, viz obr. 21. Největší uplatnění nachází pro zápusťkové výkovky, které potřebují na tváření velké síly. Používají se především při výrobě nízkých a méně členitých součástí, které se vyrobí na jeden, maximálně dva zdvihy.

U těchto strojů není třeba vyrábět zápusťky jako velké kompaktní bloky, jako tomu bylo u bucharů, ale jsou skládány ze snadno vyměnitelných vložek. Pro předkovací i dokovací dutiny se zhotovují samostatné vložky, které se upínají pomocí přílozek a šroubů do držáků zápusťek. Tento držák zajišťuje dokonalé centrování obou polovin zápusťek.

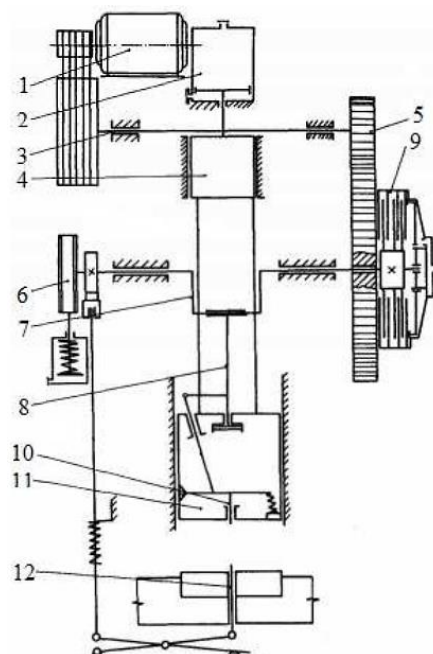


Obr. 21 Základní dělení kovacích lisů

2.2.1 Svislé [4], [6], [9], [17], [26]

U svislých mechanických lisů je k přenosu síly od pohonu na tvářený materiál použit klikový mechanismus. Klikové lisy pracují s konstantním zdvihem beranu. K požadované deformaci materiálu musí dojít na jeden zdvih, neboť beran lisu končí pracovní pohyb vždy ve stejném místě, v dolní úvratí. Horní a dolní polovina zápusťky na sebe nedosedají. Výšku zápusťek je třeba navrhnut tak, aby v dolní úvratí beranu lisu mezi nimi byla vzdálenost rovná výšce můstku výronkové drážky. Držák zápusťek je konstruován tak, že umožňuje upnutí tří páru zápusťkových vložek. V klikovém kovacím lise je tedy možno kovat maximálně ve třech operacích a to na tři pracovní zdvihy lisu.

Schéma klikového kovacího lisu je na obrázku 22. Od motoru (1) je přenášen krouticí moment na hřídel (3). Dále je pohyb přenášen přes ozubené soukolí (5), které je opatřené brzdou (9) na klikovou hřídel (7). Na konci hřídele je umístěna brzda (6) pro možnost zastavení. Na klikovou hřídel je připojena ojnice, která vytváří přímočarý vratný pohyb beranu (11). Při pohybu beranu vzhůru jsou uvedeny v činnost vyhazovače, dolní (12) pákovým pohonem od vačky nebo ojnice, horní (10) nárážkovými šrouby na



Obr. 22 Schéma svislého kovacího lisu [4]

stojanu. Pneumatické vyvažování (2) táhne beran vzhůru přes pomocné vedení (4) a vymezuje všechny vůle v pohonu mezi stojanem a beranem, takže nedochází k postupným rázům při dopadu horní zápustky na kovaný materiál.

U svislých kovacích lisů je velmi důležité přesné výškové seřízení zápustek. Staré lisy jsou seřizeny pomocí jednoho nebo dvou klínů ve stole, které slouží také k uvolnění zaseknutého lisu v dolní úvratí. U nových lisů se přestavují nástroje na výšku výstředným čepem v ojnici.

Příklad používaného lisu je na obr. 23. Jedná se o univerzální klikový lis LKJP 400, který má širokou možnost technologického použití pro tváření za tepla i za studena. Stojan tohoto lisu je svařovaný skříňové konstrukce s vysokou boční i podélnou tuhostí. Jedná se o lis se jmenovitou silou 4000 kN. Zdvih beranu je 315mm, při 22 zdvizech za minutu. Pohon tohoto stroje je konstruován tak, že umožňuje podstatně snížit hodnoty rozbíhacích momentů setrvačnosti, což umožňuje zvýšení počtu jednotlivých zdvihů při zvýšení životnosti spojky a brzdy, a také snižuje celkovou výšku stroje. Umístění rotačních hmot do osy klikové hřídele omezuje dynamické účinky na základ a tím zvyšuje stabilitu. Na obrázku 24 jsou příklady výkovků, které jsou zhotovené na lisu LKJP 400.



Obr. 23 Lis LKJP 400 [26]



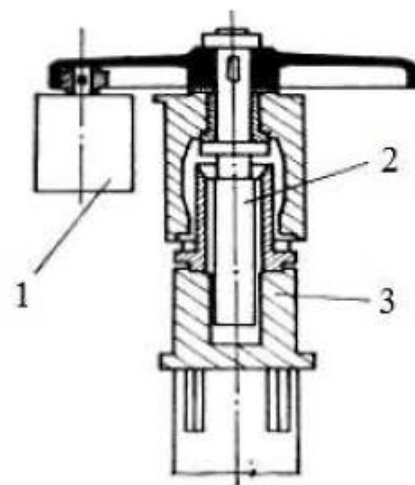
Obr. 24 Příklady výkovků na lise LKJP 400 [26]

2.2.2 Vřetenové [4], [12], [15], [17], [26]

U vřetenových lisů, stejně jako u bucharů, je ke tváření polotovaru využívána kinetická energie, která je nahromaděná v setrvačnicku. Velikost práce, která může být předána tvářenému kusu, je závislá na otáčkách setrvačnicku a na jeho rozměrech. Pokud by se zvětšila hmotnost setrvačnicku na dvojnásobek, při zachování jeho průměru, energie úderu by se teoreticky také zdvojnásobila. Zvětší-li se počet otáček setrvačnicku v okamžiku úderu na dvojnásobek, potom se energie úderu zvýší 4x. Musí se však dbát na to, aby nedošlo k přetížení stroje.

K přenosu síly u klasických vřetenových lisů je použito vřeteno, což je pohybový vícechodý šroub s lichoběžníkovým závitem, a matice, která je uložena v horní příčce rámu. Na rozdíl od mechanických klikových lisů, není zdvih beranu omezen, a je možné přetvářet polotovary i pomocí několika následných úderů.

Schéma vřetenového kovacího lisu je znázorněno na obr. 25. Je zde pohybový šroub (2), zabírající s maticí uloženou v tělese beranu (3), na kterém je nasazen setrvačník. Vnitřní obvod setrvačníku je vyroben jako drážkový třecí kotouč. Do kotouče zabírá třecí kladka připojená na elektromotor (1). Další konstrukce, která je používána, je bez třecího kotouče. Zde je elektromotor přímo napojený na pohybový šroub. Dříve se však používala také konstrukce s jedním nebo dvěma třecími kotouči po stranách.



Obr. 25 Schéma vřetenového kovacího lisu [4]

Na obr. 26 je příklad používaného vřetenového kovacího lisu LVE 400. Jedná se o bezkotoučový lis s přímým pohonem vřetene pomocí speciálního nízkootáčkového asynchronního elektromotoru, který je řízený pomocí frekvenčního měniče. Systémem řízení motoru je zajištěno optimální využití energie se spotřebou závislou na nastavených parametrech s vysokou účinností. Řízení je navrženo tak, že umožňuje přesné dávkování energie, odvozené od rychlosti beranu s brzděním zpětného pohybu. Tento pohyb je brzděn elektromotorem rekuperací energie do sítě. Tento lis jsou vybaven kontrolou pracovního cyklu, diagnostikou poruch a centrálním oběhovým mazáním s kontrolou funkce. Dále je vybaven pneumatickým vyvažováním beranu, které zabraňuje pádu při poruše vřetene a vymezuje vůli mechanismu před úderem. Příklady výkovků zhotovených na lise LVE 400 jsou znázorněny na obrázku 27.



Obr. 26 Lis LVE 400 [26]



Obr. 27 Příklady výkovků z lisu LVE 400 [26]

Dalším zajímavým příkladem používaného vřetenového lisu může být kombinace hydraulického a vřetenového mechanismu.

Princip je založen na hydraulickém pohonu přenášeném na šroubový mechanismus, který pohybuje beranem vratným přímočarým pohybem. Hlavní výhodou těchto lisů je to, že stojan stroje není vůbec namáhán tlakem od beranu a tím pádem nemusí mít velkou konstrukci ani hmotnost.

Tato kombinace je využita u lisu LVH 2500 společnosti ŽDAS, viz obr 28. Stroj je zvláštní tím, že byl vyroben roku 1989, ale prošel modernizací v roce 2010, kterou provedla společnost PRATO. Tento vřetenový kovací lis s hydraulickým pohonem je určen pro ražení, kalibrování a pro přesné zápustkové kování výkovků za tepla. Zvláště je pak vhodný pro zpracování složitých, objemově a mechanicky náročných i tenkostěnných zápustkových výkovků pro letecký průmysl, automobilní průmysl, traktory, zemědělské stroje a ostatní přesné strojní součásti. Jmenovitá síla je 2500 tun při 20 zdvizech za minutu. Maximální zdvih beranu je 500 mm. Lis je vybaven řídicím systémem Siemens S7-300 a odečítáním kovací síly a energie se zárukou funkce a přesnosti jako u nového kovacího stroje.



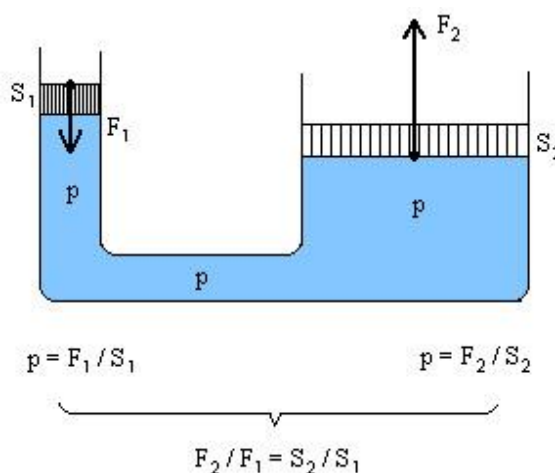
Obr. 28 Lis LVH 2500 [15]

2.2.3 Hydraulické [6], [8], [11], [13], [17]

Hydraulické lisy pracují klidnou (statickou) silou. Princip jejich práce je založen na využití Pascalova zákona, tedy na využití poznatku o rovnoměrném šíření tlaku v kapalinách, jak je znázorněno na obrázku 29.

Podle zdroje tlakové energie lze rozlišovat hydraulické lisy s přímým (čerpádlovým) a nepřímým (akumulátorovým) pohonem.

Průběh síly je závislý na zdroji energie. U lisů s přímým (čerpádlovým) pohonem je maximální síla konstantní po celou délku zdvihu, je dána výkonem tlakového čerpadla a je k dispozici při celém zdvihu. Takový lis je ideální pro tvářecí operace vyžadující velkou deformační práci. U lisů s nepřímým (akumulátorovým) pohonem je síla lehce závislá na délce zdvihu a na charakteristice zatížení. Maximální lisovací síla, která je do jisté míry limitovaná namáháním nástrojů, se reguluje pomocí pojistných ventilů. Jako tlakové médium se u přímého pohonu používá olej, u akumulátorového pohonu pak olejové emulze a dusíku, vzduchu nebo páry jako tlakového média v akumulátorech. Rozhodování



Obr. 29 Pascalův zákon

o instalaci jednoho z obou typů pohonu se řídí ekonomickými hledisky. Obvykle je akumulátorový pohon levnější při požadování vysokých sil, nebo je-li použit pro pohon více lisů.

Kombinovaný hydraulický pohon je použit pro technologie, které vyžadují velké jmenovité síly lisu při velkých rychlostech tváření materiálu. Kombinovaný pohon pracuje tím způsobem, že v části rozsahu jmenovité síly lisu dodává kapalinu (hydraulický olej) do pracovních hydraulických válců společně akumulátor a hydrogenerátor. V závěrečné fázi tváření je akumulátor odpojen a kapalina je dodávána pouze hydrogenerátorem. Akumulátor také zajišťuje dodávku kapaliny do pracovních hydraulických válců při zpětném pohybu beranu lisu.

Schéma hydraulického lisu je na obrázku 30. Kde jeden nebo více pracovních pístů (3) je vytlačováno z hydraulického válce (2), který je umístěn v horní traverze (1). Při vysouvání pístu se pohybuje střední traverza (4), která je vedena nejčastěji dvěma nebo čtyřmi sloupy (5), které jsou pevně uloženy ve spodní traverze (6). U tohoto systému lisu je potřeba zpětný zdvih.

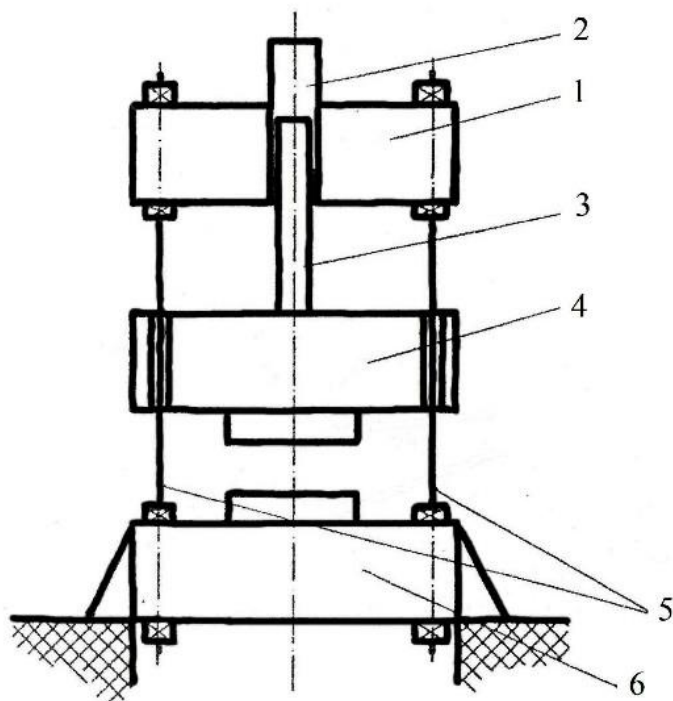
Mezi hlavní přednosti hydraulických lisů lze zařadit:

- vysoké síly
- možnost nastavit pracovní část zdvihu v kterémkoliv místě zdvihu celkového
- značný rozsah rychlostí
- možnost regulace tlaku a rychlosti
- snadná reverzace pohybu beranu
- mechanizace pomocných operací.

Naopak mezi hlavní nedostatky hydraulických lisů patří:

- nižší účinnost než u lisů mechanických
- obvykle nižší rychlost a výrobnost
- složitost konstrukce pohonu
- vyšší cena
- obtížná identifikace poruch.

Na obrázku 32 je příklad hydraulického lisu. Jedná se o lis LMZ 1600 A/S, který má jmenovitou sílu 16 MN při 85 zdvizích za minutu. Maximální výška zdvihu je 220 mm. Obr. 31 znázorňuje příklady výkovků zhotovených na lisu LMZ 1600.



Obr. 30 Schéma hydraulického lisu [17]



Obr. 31 Příklady výkovků na hydraulickém lise [19]



Obr. 32 Lis LMZ 1600 A/S [19]

2.3 Vodorovné kovací stroje [2], [4], [8], [12], [19]

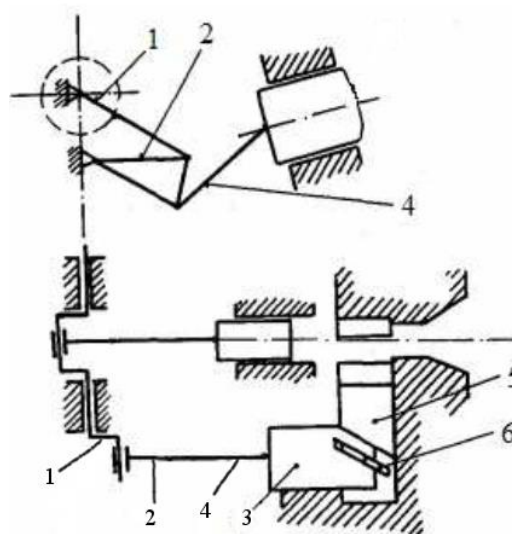
Jsou to dvojčinné lisy, určené pro kování výkovků různého tvaru z tyčového materiálu. Charakteristickým znakem těchto lisů jsou zápustky, které se rozvírají ve dvou vzájemně kolmých rovinách. Zápustky se svírají a otevírají pomocí svěracího mechanismu tak, že se pohybuje jedna část, druhá část zápustky je připevněna k rámu. Cyklus vodorovného kovacího stroje se skládá ze zdvihu svěracího beranu, výdrže tohoto beranu, pracovního zdvihu kovacího beranu, zpětného pohybu svěracího a krátké výdrže tohoto beranu ve výchozí poloze, po které může následovat další zdvih.

Svěrací mechanismus vodorovných kovacích lisů může být:

- klikovo-pákový dvojklinový
- klikovo-páково-kolenový
- vačkově-smykadlovo-kolenový

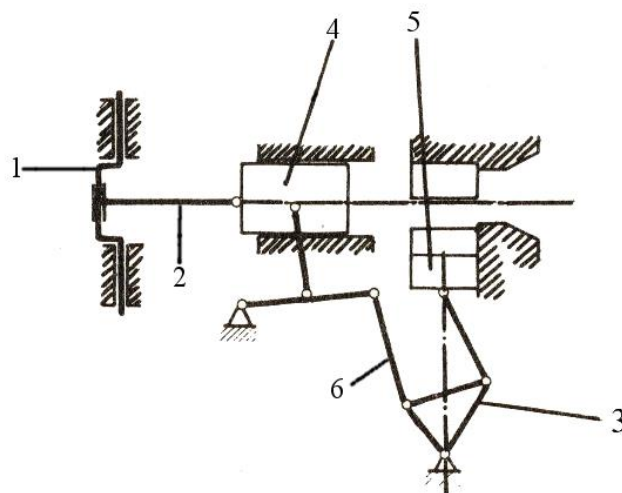
Klikovo-pákový dvojklinový svěrací mechanismus je rozměrově malý a používá se u malých lisů. Práce tohoto mechanismu, viz obr. 33, funguje na následujícím principu. Klika pohonného hřídele vykoná za jeden cyklus celou otáčku, přičemž způsobí výchylku článku (2). Ta se táhlem (4) přenáší na beran (3).

Boční (3) a upínací beran (5) vytváří klínový pár, který při pohybu vpřed vyvozuje pohyb ve směru sevření zápustek. Zpětný chod upínacího beranu zabezpečuje pravoúhlý zub (6).



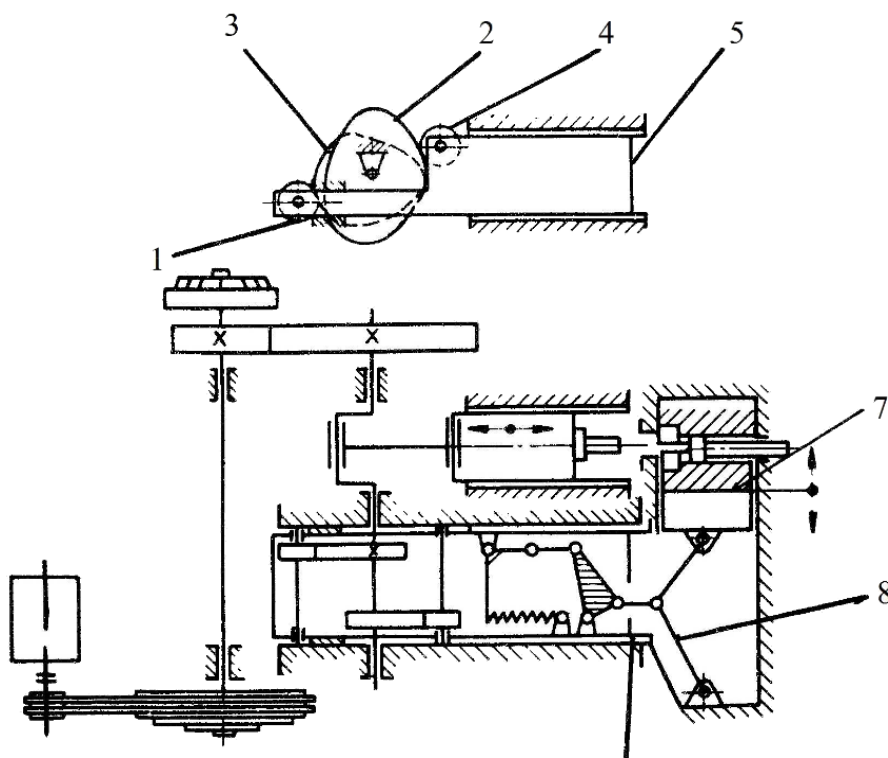
Obr. 33 Schéma dvojklinového mechanismu [8]

V klikovo-pákově-kolenovém mechanismu, viz obr. 34, je posuv svírajícího beranu odvozený od hlavního beranu přes systém pák a kolena (3). V lisech využívajících výše uvedené mechanismy svěrací beran nedosahuje krajní polohy. Tomuto jevu se říká svěrací vůle beranu. Jestliže je vůle velká, vzniká mezi zápustkami mezera, přes kterou může při kování vytéct materiál a na výkovku se tak vytvoří výronek. Tato vůle může zapříčinit nesprávný tvar výkovku. Mezera mezi zápustkami je 0,02 – 0,03 mm, což je v mezích pružné deformace článků mechanismu a stojanu stroje.



Obr. 34 Klikovo-pákově-kolenový mechanismus [8]

Vačkově-smykadlovo-kolenový mechanismus má největší přesnost pohybu svěracího beranu, neboť výdrž v krajní poloze zabezpečuje funkční schéma, viz obr. 35. Výhodou této vazby je použití váček, které vymezují požadovaný pohyb. Podle tohoto principu jsou zhotoveny vodorovné kovací lisy středních a velkých jmenovitých sil.



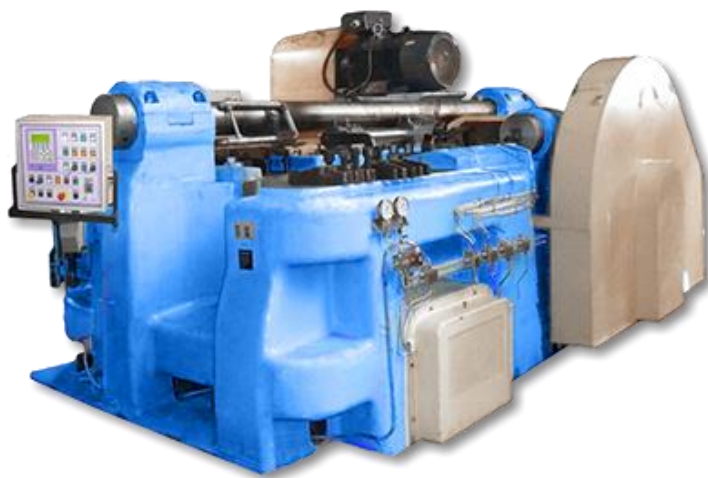
Obr. 35 Vačkově-smykadlovo-kolenový mechanismus [8]

Funkce mechanismu (obr. 35) je následující. Pohyb váček pracovního zdvihu (2) a zpětného chodu (3) je svázaný s klikovou hřídelí, na které jsou uloženy. Tyto váčky posouvají kladky (4) a (1) umístěné na společné kulise 5, která koná zpětný a pracovní pohyb. Kulisa (5) je pomocí ojnice (6) spojena s pákou (8), která se při pohybu vpřed vyrovnává a tím pohybuje

svěracím beranem (7) ve směru svírání zápustek. Pro úplné sevření zápustek není potřeba, aby se články v kolenech dostaly do jedné přímky. To ulehčuje zpětný pohyb svěracího beranu.

V kinematickém mechanismu vodorovných kovací lisů je věnována pozornost ochraně proti přetížení. Většinou se jako jistící člen v kinematickém řetězci používá pružina.

Obrázek 36 znázorňuje příklad kovacího lisu, který se používá v praxi. Příklady výrobků jsou znázorněny na obrázku 37.



Obr. 36 Vodorovný kovací lis LKL 250 A [19]



Obr. 37 Příklad výkovků na lise LKL 250 A [19]

Vodorovné kovací lisy lze podle roviny dělení rozdělit na lisy:

- s vertikální rovinou dělení zápustek – označení LKH
- s horizontální rovinou dělení zápustek – označení LKL.

Stojany malých a středních vodorovných kovacích lisů jsou lité v jednom kuse, u velkých lisů jsou složeny z několika odlitků a stažené kotvami. Čelo stojanu má hluboký výřez, který umožňuje vkládat materiál a přístup k nástrojům. Beran má prodloužené vedení – tzv. chobot.

Kování na vodorovných lisech má řadu výhod:

- tyto lisy jsou schopny velkého počtu zdvihů, proto je možné dosáhnout velkých výkonů
- lze vyrábět výkovky s menšími úkosi, čímž klesá spotřeba výchozího materiálu
- mohou se kovat tvarové výkovky, které se na jiných strojích kovou velmi obtížně
- je možné kovat kruhové součásti jako ozubená kola, nebo ložiskové kroužky a jemné součástky, které mají otvory
- výronky je možné odstranit v operačním sledu přímo na tomto stroji
- kování se dá mechanizovat a automatizovat ve všech operacích
- při výrobě nástrojů je možné použít vložkování zápustek, čímž se dosáhne velkých úspor zápustkového materiálu.

3 ZÁVĚRY

Zápustkové kování je metoda výroby, která se využívá hlavně ve velkosériové výrobě. Důležitým faktorem při této technologii je efektivita, proto je zde snaha zhotovit výkovek na co nejmenší počet pracovních zdvihů a tudíž i za co nejkratší čas. Z tohoto důvodu je v současné době velmi rozšířené automatizování celého procesu.

Pro správnou tvárnost materiálu je základním předpokladem dodržení určité kovací teploty, neboť s rostoucí hodnotou klesá deformační odpor a s ním i opotřebení nástrojů.

Při návrhu výkovku se vychází z výkresové dokumentace. Nejdříve je potřeba zhodnotit účelnost součásti a navrhnout, jak nejvýhodněji součástku kovat. Podle tvarové složitosti je nutné zvolit dělicí rovinu. Poté se s ohledem na funkční a výrobní požadavky předepíší přídavky na obrábění a spolu s nimi také přídavky technologické. Podle tohoto návrhu se dále konstruuje vlastní dutina zápustky, což je část nástroje, ve kterém dochází k přeměně polotovaru na hotový výrobek. Pro zlepšení toku materiálu v dutině se využívají maziva, které snižují kluzné tření v kontaktu. V neposlední řadě je důležitá volba stroje, neboť ten rozhoduje o toku materiálu, spotřebě energie, přesnosti výkovku a také o výkonnosti a produktivitě.

V současnosti se používají buchary, lisy a vodorovné kovací stroje.

Buchary pracují rázem a pohyb beranu končí dopadem na šabotu. Při tomto rázu se téměř všechna potenciální energie naakumulovaná v beranu přemění na deformační práci. Součást je většinou zhotovena na několik úderů. Díky dobré stoupavosti materiálu do výšky jsou vhodné pro výrobu tvarově a výškově různorodých a členitých výkovků s žebry a výstupky.

Lis je stroj pracující převážně tlakem pracovní části, která koná přímočarý vratný pohyb. Rychlost beranu je relativně malá, působení na materiál je klidné a bez rázů. Největší uplatnění nachází pro zápustkové výkovky, které potřebují na tváření velké síly. Používají se především při výrobě nízkých a méně členitých součástí, které se zhotoví na jeden, maximálně dva zdvihy.

Vodorovné kovací stroje jsou v podstatě ležaté dvojčinné lisy, určené pro kování výkovků různého tvaru z tyčového materiálu. Charakteristickým znakem jsou zápustky, které se rozvírají ve dvou vzájemně kolmých rovinách. Jsou schopny dosáhnout velkého počtu zdvihů, proto se používají pro velkosériovou výrobu.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. *Citace.com* [online]. [cit. 2017-05-06]. Dostupné z: <http://www.citace.com/>
2. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. *Technologie tváření: plošné a objemové tváření*. Vyd. 4., V Akademickém nakladatelství CERM 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007. ISBN 978-80-214-3425-7.
3. *Gerb: double action hammer* [online]. [cit. 2017-05-06]. Dostupné z: <https://www.gerb.com/forging/hydraulic-hammers.html>
4. HAŠEK, Vladimír. *Kování: Pomůcka pro studenty vysokých a odborných škol*. Praha: SNTL, 1965.
5. HÝSEK, Rudolf. *Tvářecí stroje 1971*. Praha: SNTL, 1972.
6. KOPECKÝ, Miloslav a Bedřich RUDOLF. *Tvářecí stroje: mechanické a hydraulické lisů : určeno pro posl. fak. strojní v Praze, Plzni, Brně a Bratislavě*. Praha: SNTL, 1967.
7. *Kovaná kliková hřídel* [online]. [cit. 2017-05-06]. Dostupné z: <https://www.tuningcardesign.cz/cz-detail-902017803-kovana-klikova-hridel-subaru-impreza-2.5-ej25-stroker-2.7-83-00mm.html>
8. KOVÁČ, Andrej a Bedřich RUDOLF. *Tvárníace stroje: celoštátna vysokoškolská učebnica pre strojnícke fakulty vysokých škôl*. Bratislava: Alfa, 1989.
9. LIDMILA, Zdeněk a Emil SVOBODA. *Strojírenská technologie*. Brno: Univerzita obrany, 2007. ISBN 978-80-7231-220-7.
10. MAÁR, Karol. *Kovanie*. Košice: Technická univerzita, 1991. ISBN 80-709-9073-2.
11. *MM průmyslové spektrum: Největší protiběžný buchar na světě* [online]. 2008 [cit. 2017-05-06]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/nejvetsi-protibezny-buchar-na-svete.html>
12. NOVOTNÝ, Karel. *Výrobní stroje. Část 1., Tváření*. 2.vyd. Brno: Vysoké učení technické, 1987.
13. PETRUŽELKA, Jiří a Richard BŘEZINA. *Úvod do tváření I*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2001. ISBN 80-707-8877-1.
14. *Pinterest: Drop hammer* [online]. [cit. 2017-05-06]. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/551761391818238455/>
15. *PRATO: spol. s.r.o* [online]. [cit. 2017-05-06]. Dostupné z: <http://www.prato.cz/cgi-bin/602cgi8/is-prato/web/nabs.htw?lang=0&mn=3&pmn=0&str=6>
16. ŘASA, Jaroslav, Jindřich KAFKA a Václav HANĚK. *Strojírenská technologie 4: návrhy nástrojů, přípravků a měřidel : zásady montáže*. Praha: Scientia, pedagogické nakladatelství, 2003. ISBN 80-718-3284-7.
17. STANĚK, Jiří. *Základy stavby výrobních strojů: tvářecí stroje*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2001. ISBN 80-708-2738-6.

18. *Střední průmyslová škola Ostrava - Vítkovice: Studijní materiál* [online]. [cit. 2017-05-06]. Dostupné z: <http://www.sps-vitkovice.cz/texty/texty/PRA/Kovani-UT.pdf>
19. *Šmeral Brno a.s.: Výrobce tvářecích strojů* [online]. [cit. 2017-05-06]. Dostupné z: http://www.smeral.cz/vodorovne_kovaci_lisy.html
20. *Technická univerzita liberec: Studijní materiál* [online]. [cit. 2017-05-06]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/03.htm
21. *Třinecká projekce a.s* [online]. [cit. 2017-05-06]. Dostupné z: <http://www.tp.trz.cz/index.php?jaz=cs&sec=-3&idr=15>
22. *UNEX: Zápusťkové výrobky* [online]. [cit. 2017-05-06]. Dostupné z: <http://www.unex.cz/cs/odlitky-a-vykovky/zapustkove-vykovky>
23. *Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava: Studijní text* [online]. [cit. 2017-05-06]. Dostupné z: http://katedry.fmfi.vsb.cz/Modin_Animace/Opory/02_Metalurgicke_inzenyrstvi/13_Deformacni_chovani_materialu/Schindler_Deformacni_chovani_materialu.pdf
24. *Zápusťkové kování: drop forging* [online]. [cit. 2017-05-06]. Dostupné z: <http://www.dropforging.net/>
25. Zápusťkové kování. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-05-06]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Z%C3%A1pusťkov%C3%A9_kování
26. *ŽĎAS a.s* [online]. [cit. 2017-05-06]. Dostupné z: <http://www.zdas.cz/cs/index.aspx>
27. *ŽĎAS, a.s. Hydraulické lisy. 32 s.* [online]. [cit. 2017-05-06]. Dostupné z: <http://www.industry-eu.cz/files/890388.pdf>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Příklady výkovků zhotovených technologií zápustkového kování	9
Obr. 2 Dvojdílná zápustka	10
Obr. 3 Příklad zápustek.....	10
Obr. 4 Kovací teploty uhlíkových ocelí.....	11
Obr. 5 Vliv teploty na tvařitelnost materiálů	12
Obr. 6 Spálená struktura ledeburitické nástrojové oceli X155CrVMo12.1.....	12
Obr. 7 Vozová plynová pec	13
Obr. 8 Lomená dělicí rovina	13
Obr. 9 Obecný návrh.....	14
Obr. 10 Otevřená (vlevo) a uzavřená (vpravo) zápustka	15
Obr. 11 Kliková hřídel kovaná ve vícedutinové zápustce	16
Obr. 12 Kování ve více úderech	17
Obr. 13 Základní dělení bucharů	17
Obr. 14 Největší protiběžný buchar	18
Obr. 15 Schéma protiběžného bucharu	18
Obr. 16 Příklad výkovku – kliková hřídel	18
Obr. 17 Padací buchar	19
Obr. 18 Dvojčinný buchar	19
Obr. 19 Schéma vysokorychlostního bucharu	20
Obr. 20 Příklad výkovku - ojnice.....	20
Obr. 21 Základní dělení kovací lisů	21
Obr. 22 Schéma svislého kovacího lisu	21
Obr. 23 Lis LKJP 400	22
Obr. 24 Příklady výkovků na lise LKJP 400	22
Obr. 25 Schéma vřetenového kovacího lisu	23
Obr. 26 Lis LVE 400	23
Obr. 27 Příklady výkovků z lisu LVE 400	23
Obr. 28 Lis LVH 2500	24
Obr. 29 Pascalův zákon	24
Obr. 30 Schéma hydraulického lisu	25
Obr. 31 Příklady výkovků na hydraulickém lise	26
Obr. 32 Lis LMZ 1600 A/S	26
Obr. 33 Schéma dvojklinového mechanismu	26
Obr. 34 Klikovo-pákovo-kolenový mechanismus	27
Obr. 35 Vačkově-smykadlovo-kolenový mechanismus	27
Obr. 36 Vodorovný kovací lis LKL 250 A	28
Obr. 37 Příklad výkovků na lise LKL 250 A.....	28